

# Der Einfluss der Vorspannung auf die Lagerkräfte schiefer Brücken: Vortrag

Autor(en): **Herzog, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 19

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70688>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Von Dr. Max Herzog, Aarau

Vortrag, gehalten an der Studientagung der FGBH über aktuelle Ingenieurprobleme vom 18. und 19. Oktober 1968 in Zürich

## 1. Einleitung

Wird eine schiefe Brücke aus Spannbeton in diversen Punkten durch Einzellager gestützt, so ist die Verteilung der Lagerkräfte auf die Einzellager eine Funktion des Verformungszustandes der Brücke. Die Lagerkräfte einer vorgespannten schiefen Brücke sind also keineswegs die Summe der Lagerkräfte infolge ständiger Last plus Verkehrslast. Zahlreiche Lagerschäden an schiefen Brücken aus Spannbeton deuten darauf hin, dass diese Erkenntnis bei der Entwurfsbearbeitung noch nicht allgemein beachtet wird.

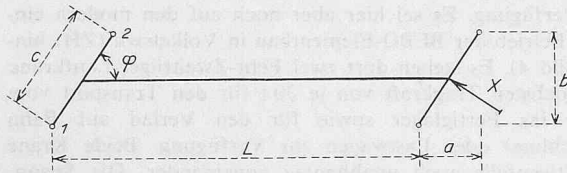


Bild 1. Bezeichnungen des schiefen Einfeldträgers mit der statisch Unbekannten X

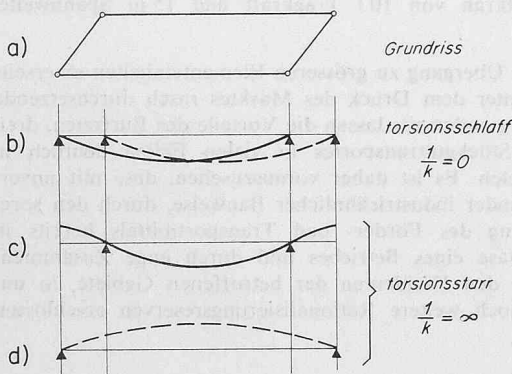


Bild 2. Lagerkräfte eines torsionsschlaffen und eines torsionsstarr schiefen, zweistufigen Einfeldträgers

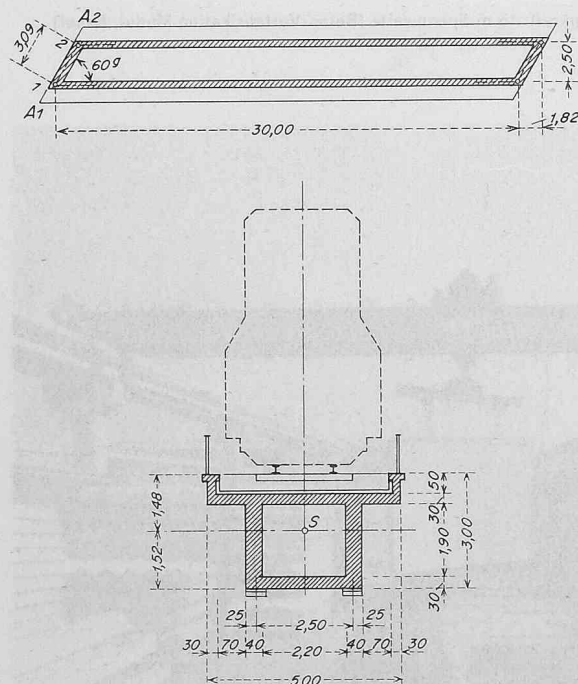


Bild 3. Abmessungen der Eisenbahnbrücke im Grundriss und Querschnitt

## 2. Lagerkräfte schiefer Träger

Als einfachster Fall einer schiefen Brücke wird im folgenden nur der schiefe Einfeldträger betrachtet (Bild 1). Bezeichnen wir das Verhältnis der Biege- zur Torsionssteifigkeit mit

$$(1) \quad k = \frac{EI}{GI_T}$$

und betrachten wir nur Fälle mit zentrischer Belastung, so gelten für die statisch Unbestimmte X die bekannten Formeln

$$(2) \quad X_p = -\frac{pl^2}{12} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos^2 \varphi + k \cdot \sin^2 \varphi}$$

für gleichmässig verteilte Streckenlast  $p$  (t/m) und

$$(3) \quad X_P = -\frac{Pl}{8} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos^2 \varphi + k \cdot \sin^2 \varphi}$$

für eine Einzellast  $P$  (t) in Feldmitte.

Die Bedeutung des Steifigkeitsverhältnisses  $k$  für die Grösse der Lagerkräfte können wir uns mit einem einfachen Gedankenmodell für die beiden Grenzwerte der Torsionssteifigkeit klarmachen. Kopieren wir die beiden Tragebenen eines zweistufigen schiefen Trägers im Aufriss ins gleiche Bild, so erkennen wir, dass für den torsionsschlaffen Träger ( $\frac{1}{k} = 0$ ) die Lagerkräfte von der Schiefe des Trägers unabhängig sind (Bild 2b). Dagegen erkennen wir beim torsionsstarr Träger ( $\frac{1}{k} = \infty$ ), dass im allgemeinen nur 2 der 4 Lager belastet sind, einzig im unverformten Zustand erhalten alle 4 Lager die gleiche Lagerkraft (Bilder 2c und d).

## 3. Einfluss der Vorspannung auf die Lagerkräfte

Durch die Umlenkkräfte der Spannkabel wird dem Tragwerk eine Verformung aufgezwungen, die der Verformung infolge ständiger Last und Verkehrslast entgegengerichtet ist (Bilder 2c und d). Entsprechen die Umlenkkräfte gerade den Lastkräften, so gleichen sich die Verformungen aus und das Tragwerk erleidet überhaupt keine Verformung. Da die Grösse der Vorspannung infolge Schwindens und Kriechens des Betons und infolge Relaxation des Spannstahls zeitabhängig ist, ist der Zustand der Verformungsfreiheit des Tragwerks für eine bestimmte Last nur ein einziges Mal erreichbar.

## 4. Zahlenbeispiel für eine Eisenbahnbrücke

Mit den Abmessungen nach Bild 3

$$L = 30,00 \text{ m}$$

$$a = 1,82 \text{ m}$$

$$b = 2,50 \text{ m}$$

$$c = 3,09 \text{ m}$$

$$\varphi = 60,0^\circ \text{ (Neugrad)}$$

und den Querschnittswerten

$$I = 3,78 \text{ m}^4$$

$$I_T = 4,62 \text{ m}^4$$

$$k = \frac{7}{3} \cdot \frac{3,78}{4,62} = 1,91$$

betragen die Schnittkräfte infolge Eigengewicht

$$g_0 = 10,6 \text{ t/m}$$

$$\Sigma A = 168 \text{ t}$$

$$X = 292 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{168}{2} - \frac{292}{3,09} = -10 \text{ t (spitzes Eck)}$$

$$A_2 = 84 + 94 = 178 \text{ t (stumpfes Eck)}$$

infolge ständiger Last

$$g = 15,0 \text{ t/m}$$

$$\Sigma A = 234 \text{ t}$$

$$X = 414 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{234}{2} - \frac{414}{3,09} = -17 \text{ t}$$

$$A_2 = 117 + 134 = 251 \text{ t}$$

infolge Verkehrslast nach SIA-Norm Nr. 160 (1956)

$$\varphi_1 = 20,5\%$$

$$P = 22 \text{ t (Achslast)}$$

$$\Sigma A = 212 \text{ t}$$

$$X = 329 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{212}{2} - \frac{329}{3,09} = 0$$

$$A_2 = 106 + 106 = 212 \text{ t}$$

und infolge Vorspannung

$$V_0 = 1950 \text{ t}$$

$$V_\infty = 0,85 V_0$$

$$X_0 = -623 \text{ tm}$$

$$X_\infty = -530 \text{ tm}$$

Unter Beachtung des Einflusses der Vorspannung betragen die Lagerkräfte im Zeitpunkt  $T = 0$  für Eigengewicht

$$X = 292 - 623 = -331 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{168}{2} + \frac{331}{3,09} = 191 \text{ t}$$

$$A_2 = 84 - 107 = -23 \text{ t}$$

im Zeitpunkt  $T = 0$  für ständige Last

$$X = 414 - 623 = -209 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{234}{2} + \frac{209}{3,09} = 185 \text{ t}$$

$$A_2 = 117 - 68 = 49 \text{ t}$$

im Zeitpunkt  $T = \infty$  für ständige Last

$$X = 414 - 530 = -116 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{234}{2} + \frac{116}{3,09} = 155 \text{ t}$$

$$A_2 = 117 - 38 = 79 \text{ t}$$

und im Zeitpunkt  $T = \infty$  für ständige Last plus Verkehrslast

$$X = 414 + 329 - 530 = 213 \text{ tm}$$

$$A_1 = \frac{234 + 212}{2} - \frac{213}{3,09} = 154 \text{ t}$$

$$A_2 = 223 + 69 = 292 \text{ t}$$

Tabelle 1: Lagerkräfte (in t) ohne und mit Berücksichtigung der Vorspannung

Lastfall	ohne Vorspannung		mit Vorspannung $T = 0$		$T = \infty$	
	$A_1$	$A_2$	$A_1$	$A_2$	$A_1$	$A_2$
$g_0$	-10	178	191	-23		
$g$	-17	251	185	49	155	79
$p$	0	212				
$g + p$	-17	463			154	292

## 5. Schlussfolgerung

Aus der Tabelle 1 folgt als wichtigstes Ergebnis des Zahlenbeispiels, dass – im Gegensatz zur Berechnung ohne Berücksichtigung der Vorspannung – im Einzellager unter dem spitzen Eck des Überbaues nicht Zug- sondern Druckkräfte, und im Einzellager unter dem stumpfen Eck des Überbaues nicht nur Druck- sondern auch Zugkräfte auftreten.

Aus den grossen Unterschieden zwischen den Lagerkräften bei Ausserachtlassung und bei Berücksichtigung der Vorspannung muss die Folgerung gezogen werden, dass es bei vorgespannten schiefen Brücken unzulässig ist, den Einfluss der Vorspannung auf die Lagerkräfte ausser acht zu lassen.

## 6. Zusammenfassung

Am Beispiel einer Eisenbahnbrücke wird der Einfluss der Vorspannung auf die Lagerkräfte schiefer Tragwerke beschrieben, der in der Fachliteratur kürzlich zum ersten Mal [1] eine durch Verwechslung von «actio» mit «reactio» allerdings falsche Beachtung gefunden hat, und dessen Vernachlässigung zu einer Fehlbemessung der Lager führen kann.

## Literatur

[1] Koch, W.: Brückenbau, Teil 4, S. 228. Verlag Werner, Düsseldorf 1968.

Adresse des Verfassers: Dr. Max Herzog, dipl. Bau-Ing., 5000 Aarau, Rohrerstrasse 3.

## Jahrestagung der ASIC 1969 in St. Gallen

DK 061.3:62

### Persönliche Verantwortung des Ingenieurs

Trotz exzentrischem Ort trafen sich gegen 50 Mitglieder aus allen Teilen der Schweiz zur dreisprachigen Tagung der ASIC (Association Suisse des Ingénieurs-Conseils) am 25. und 26. April 1969. Das Quorum von 50 % zur Annahme revidierter Statuten war erreicht. Das attraktive Programm vermochte auch 40 Gattinnen zwei Tage in die alte Kloster- und moderne Kulturstadt zu locken. Im Gemeinderatssaal des historischen Waaghauses begrüßte Stadtammann Dr. Alfred Hummler die Versammlung und streifte die zahlreichen Grossprojekte der ostschweizerischen Metropole und die damit verbundenen Schwierigkeiten. Aufmerksam hörte er dem Vortrag von Kollege R. Henauer über die *Verantwortung des Ingenieurs* zu und beteiligte sich an der regen Diskussion.

Der Bauherr wünscht wohl, dass der beauftragte Ingenieur eine Haftpflichtversicherung besitzt, schätzt aber darüber hinaus das Verantwortungsbewusstsein und Berufsethos von Büroinhabern, die ihren Betrieb überblicken, eine persönliche Sorgfaltpflicht erfüllen, und Vertrauen von Mensch zu Mensch einflössen. Die ASIC erwartet von ihren Mitgliedern Verantwortungsfreudigkeit und legt ihnen Pflichten auf: Unabhängigkeit von Finanzquellen, Unternehmern und Lieferanten, berufliche Integrität und technische Kompetenz sowie soziales, volkswirtschaftliches und politisches Denken. Gegen sein eigenes Interesse muss zum Beispiel ein ASIC-Ingenieur seinem Bauherrn von einem momentanen Vorhaben abraten, welches auf lange Sicht eine falsche Entwicklung nimmt. Weitblickend muss er einer zugeknöpften Bauherrschaft Grosszügigkeit beibringen, d. h. zum Beispiel reichliche Nutzlasten und stützenfreie Hallen vorschlagen, damit spätere Entwicklungen des Betriebes nicht präjudiziert sind. Beratende

Ingenieure im wahren Sinne des Wortes dürfen das technische Geschehen nicht treiben lassen.

Erlebnisse wie die St.-Galler Tage knüpfen manche Freundschaft unter ASIC-Mitgliedern und ihren Familien über die Sprachgrenzen hinweg. Eine so untermauerte Kollegialität führt zum Erfahrungsaustausch und zu engeren Arbeitsgemeinschaften, welche interdisziplinäre Aufgaben überblicken, ohne dass alle Mitarbeiter unter dem gleichen Dache sitzen. Die guten alten Zeiten des Einmannbetriebes sind heute vorbei und die Ingenieurberatung ist kein intimes Zwiesgespräch. Mit der Arzt- oder Fürsprechpraxis kann sie einzig hinsichtlich Objektivität und Unabhängigkeit verglichen werden.

### Stellungnahme zum ETH-Gesetz

Ferner stand zur Diskussion der Generalversammlung die brennende Tagesfrage der *Hochschulreform*. Das Interesse am Fortschritt der Technik durch wissenschaftliche Forschung einerseits und an tüchtigem Nachwuchs der Kader andererseits bringt die ASIC in Fühlung mit der Hochschule. Die von ihr geforderte Pflichttreue und Verantwortungsfreudigkeit bedingen nicht nur eine gründliche technische Ausbildung, sondern auch *Allgemeinbildung*, Charakterstärke und weiten Horizont. Die Erziehung zum Standesbewusstsein und Berufsethos und nicht nur zum Fachspezialisten muss durch das Studium grundgelegt werden. In einem neuen Hochschulgesetz sollte auch der abrupte Übergang von der grauen Theorie zum menschlichen Berufsleben durch den Alldruck der Examina gemildert werden. Es geht weniger um obligatorische Praxissemester in Fabriken oder auf Baustellen als um den Dialog mit erfahrenen Vertretern des Berufsstandes oder